

## 論文内容の要旨

博士論文題目

透明・フレキシブルディスプレイの実現に向けたイオン液体応用素子の研究

氏 名 劉 洋

(論文内容の要旨)

人間とスマートデバイスとの間のインターフェースとしてのディスプレイデバイスは、システム全体の中で最も重要な部分である。ディスプレイデバイスの高性能化においては、発光デバイスとそれを制御するトランジスタが重要な役割を有しており、それらの高性能化のみならず、低コスト化、低消費電力化、高安定化もまた重要な開発項目となっている。IoT (internet of things) 社会の発展において、ディスプレイデバイスにはフレキシブル化が求められる。また、透明化することで、更なる発展への寄与が期待される。即ち、透明・フレキシブル化が可能な、自発光型画素及びそれらを駆動する薄膜トランジスタの開発が必要不可欠となる。そこで、本論文では、従来有機発光ダイオードより低コストでの作製が期待できる、イオン液体を用いた電気化学発光セル (LEC: light-emitting electrochemical cell) 及びイオン液体を用いることで低い動作電圧でのトランジスタ駆動、即ち低消費電力化を達成することができる電気二重層トランジスタ (EDLT: electron-double-layer transistor) に関する研究を行った。

本論文は、第1章「Introduction」から第5章「結論」までの全5章で構成されている。

第2章では、LECデバイスの陰極電極の仕事関数が、発光特性に与える影響を検討した結果を述べている。LECデバイスにおいては、電極が発光に与える影響は小さいとされてきたが、本研究において、低い仕事関数を持つ陰極電極を用いることで、動作電圧、発光輝度、発光応答速度が改善され、陰極電極の仕事関数が電子注入効率や発光特性に大きく影響することが明らかとなった。

第3章では、LECデバイスの発光安定性改善を目的に発光層へ導入された硫

化亜鉛ナノ粒子の効果を述べている。硫化亜鉛ナノ粒子による発光特性の安定化は成されなかったが、発光均一性が大幅に改善した。LEC デバイスでの課題の一つである、発光材料と電極間の反応による非発光部発生が、導電性ナノ粒子導入により改善されたものと思われる。発光安定性を改善できなかった一因として膜厚均一性が挙げられ、今後の検討により、より安定で発光が均一な LEC デバイスの実現に繋がる知見が得られた。

第 4 章では、非晶質 InGaZnO をチャネル材料に用いた EDLT において、イオン液体/IGZO 界面で発生している反応を抑制する FDTS 膜の効果が示された。FDTS 膜を導入しても、IGZO チャネル膜への高キャリア蓄積が維持されることが見出され、また、IGZO-EDLT の動作安定性が劇的に改善した。

以上示すように、LEC、IGZO-EDLT それぞれにおいて、動作特性改善を実現した。本研究で得られた知見は、透明・フレキシブルディスプレイの実現や、低コスト発光素子、低消費電力デバイスをはじめとする様々な分野の発展に貢献すると期待される。

(論文審査結果の要旨)

本論文は、透明・フレキシブルディスプレイの実現を目指して、発光素子およびその駆動素子において低温作製プロセスに適用するイオン液体を用いた電気化学発光セル (LEC) および非晶質 InGaZnO の電気二重層トランジスタ (IGZO-EDLT) に着目し、それぞれの駆動特性改善を目的として研究されたものであり、以下に示す成果を得ている。

- (1) LEC の陰極電極の仕事関数を低くすることで、発光輝度、発光応答速度等への影響を検討した。4 種類の陰極電極を用いて検討した結果、発光スペクトルには影響を与えないが、最も仕事関数の低い Mg において、動作電圧、発光輝度、発光応答速度が最も改善され、LEC の発光特性に陰極電極の仕事関数が強く影響することを明らかにした。
- (2) LEC の発光層へ硫化亜鉛ナノ粒子を導入し、発光安定性改善を試みた。発光安定性は若干低下してしまっていたが、発光均一性が劇的に改善した。発光スペクトルは、硫化亜鉛ナノ粒子を導入しても変化しなかった。導入した硫化亜鉛は導電性ナノ粒子であると思われ、それにより発光層内にマルチジャンクションが形成され、発光均一性が改善したと推定した。LEC 発光層への導電性ナノ粒子導入による発光均一性改善という、今後の LEC 開発に有効な知見が得られた。
- (3) 低電圧駆動が実現できる IGZO-EDLT において、IGZO/イオン液体界面での反応が発生し長期安定性が課題となっているが、この反応を抑制するために FDTS 膜を挿入し、その効果を評価した。その結果、FDTS 膜を挿入しても IGZO 膜中への高キャリア蓄積維持が見出された。また、FDTS 膜により界面反応抑制が実現し、高性能 IGZO-EDLT の動作安定性が大幅に改善した。

このように、本論文では、LEC、IGZO-EDLT それぞれにおいて、動作特性改善を実現し、そのメカニズムも明確に示している。本研究で得られた知見は、透明・フレキシブルディスプレイの実現や、低コスト発光素子、低消費電力デバイスをはじめとする様々な分野の発展に貢献でき、工学的に高い価値を有すると考えられる。従って審査員一同は本論文が博士 (工学) の学位論文として価値あるものと認めた。